

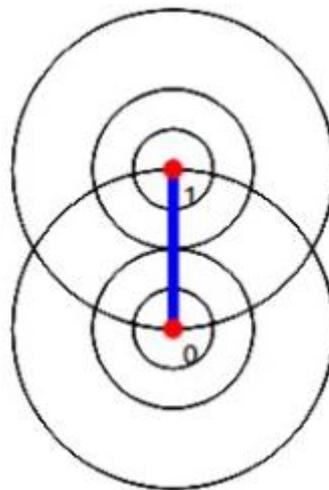
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

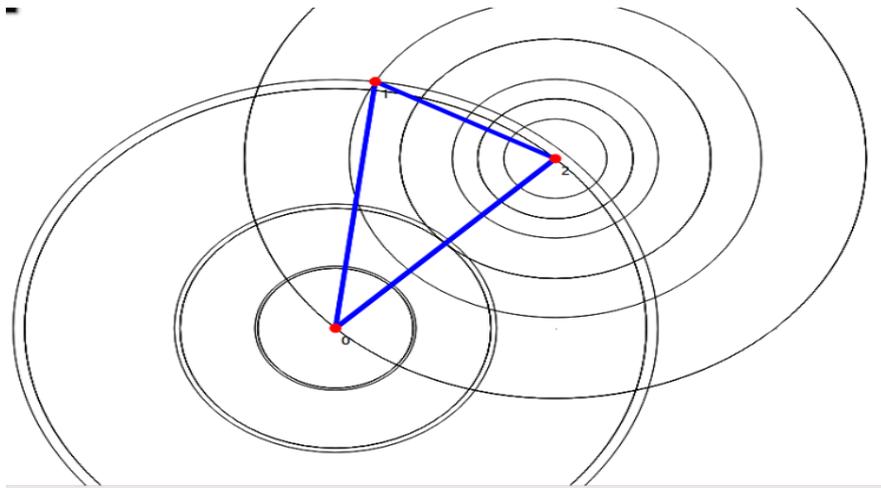
Pada bagian ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari melakukan simulasi menggunakan NS-3 dan NetAnim. Hasil dan pembahasan penelitian mengacu pada simulasi jaringan Tabel 3.1 dan jaringan yang dibuat pada Tabel 3.2.

#### 4.1 Simulasi CRE-NS3 dengan *Output* Menggunakan NetAnim

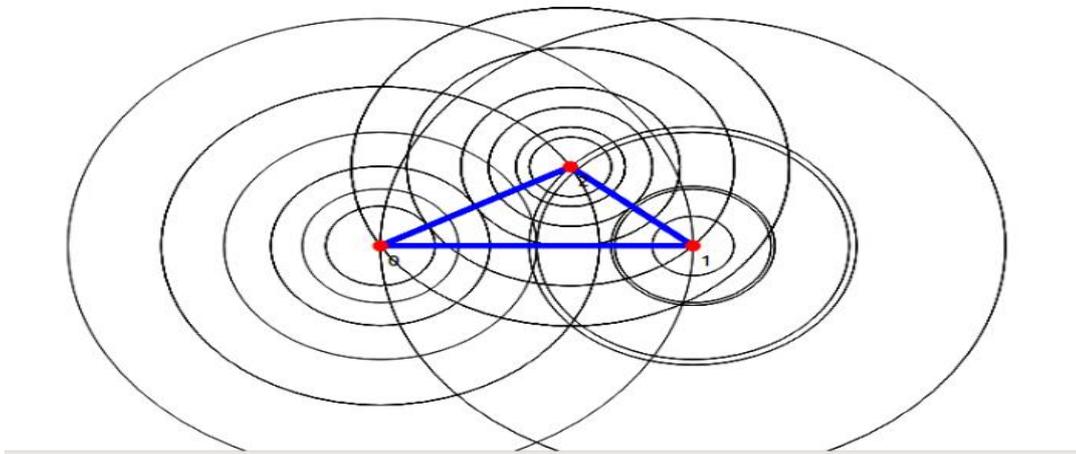
Simulasi jaringan dalam penelitian menggunakan tambahan *extension* CRE-NS3. *Extension* ini digunakan untuk melakukan simulasi tentang kognitif radio pada NS-3. Pada *extension* ini ditanamkan mekanisme DSA dalam radio kognitif. Mekanisme DSA dalam *extension* melakukan pengaturan jaringan Wi-Fi. Hasil yang didapat dalam simulasi NS-3 dapat dilihat dalam bentuk animasi jaringan menggunakan NetAnim. Hasil *output* NetAnim NS-3 pada Jaringan 1, Jaringan 2, dan Jaringan 3 berdasar pada Tabel 3.2 dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Simulasi Jaringan 1 Menggunakan 1 *Node Access Point* dan 1 *Node Pengguna*



Gambar 4.2 Simulasi Jaringan 2 Menggunakan 1 *Node Access Point* dan 2 *Node Pengguna*



Gambar 4.3 Simulasi Jaringan 3 Menggunakan 2 *Node Access Point* dan 1 *Node Pengguna*

Pada Gambar 4.1 adalah Jaringan 1, Gambar 4.2 adalah Jaringan 2, dan Gambar 4.3 adalah Jaringan 3 dalam penggunaan CRE-NS3 dengan melihat animasi jaringan pada NetAnim. Dalam pengaturan jaringan, CRE-NS3 menggunakan mekanisme DSA untuk melakukan pengiriman yang dilakukan oleh *node access point* dan penerimaan data oleh pengguna. Hal yang dilakukan mekanisme DSA dalam jaringan yaitu proses spektrum *sensing*, spektrum *decision*, spektrum *mobility*, dan spektrum *sharing* dengan mengatur protokol komunikasi dalam MAC-PHY yang telah dimodifikasi oleh *extension* ketika terjadi perpindahan jaringan pada *node CR*.

Mekanisme DSA melakukan pengaturan jaringan dengan cara mengirimkan data melalui penggunaan spektrum yang berbeda tetapi dengan kondisi semua *node* jaringan yang saling berintegrasi dalam melakukan komunikasi, sehingga ada umpan balik dari komunikasi yang dilakukan. Mekanisme tersebut memiliki fungsi untuk mengurangi adanya kemacetan data dalam lalu lintas komunikasi karena penggunaan akses spektrum yang berbeda atau akses spektrum lain yang memiliki kapabilitas untuk melakukan komunikasi secara lancar.

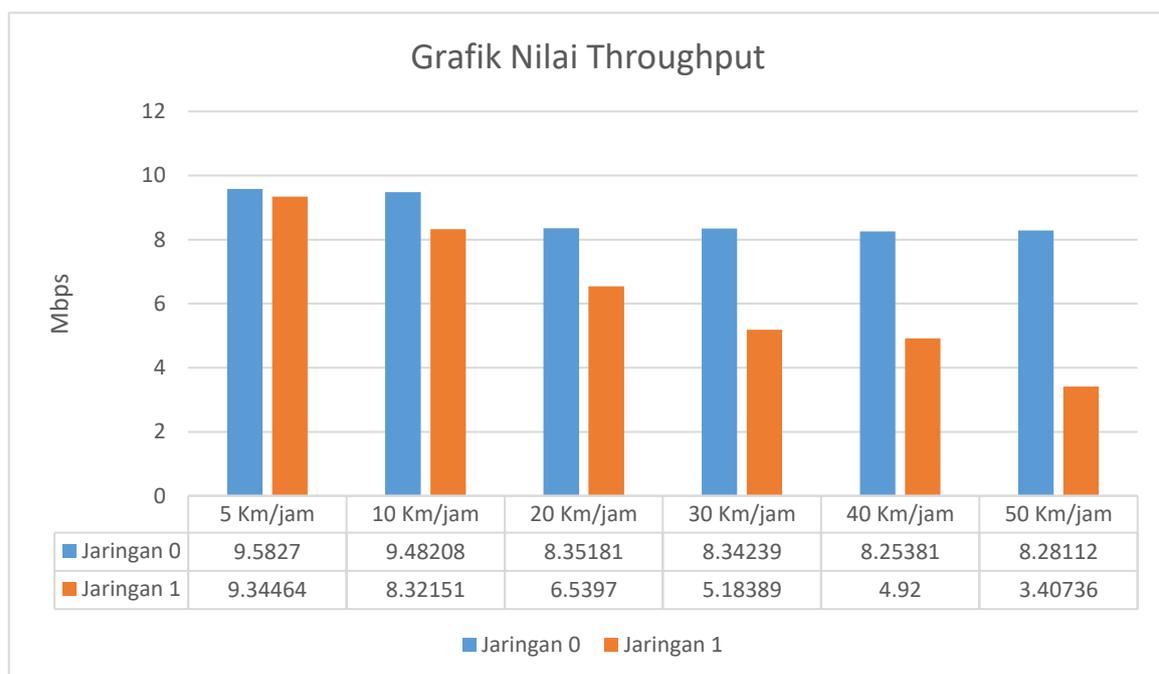
Pada penelitian, mekanisme DSA melakukan integrasi antar 3 *node* yang dapat berfungsi sebagai *access point* atau pengguna dengan cara pengiriman data secara *hop* atau lompatan pengiriman. Namun, jika menggunakan *node* lebih dari 3 *node*, maka pengaturan mekanisme DSA sulit untuk diterapkan dalam simulasi sehingga simulasi dalam CRE-NS3 menggunakan konfigurasi lebih dari 3 *node* masih terjadi kegagalan dalam simulasi tentang fungsi mekanisme DSA pada jaringan kognitif radio.

## 4.2 Simulasi Tanpa DSA dan Dengan DSA

Pada bagian ini, simulasi jaringan dilakukan pada NS-3 dengan mengetahui hasil dari *output* simulasi Jaringan 0 dan Jaringan 1. Hasil simulasi jaringan dianalisis dengan parameter QoS yaitu *throughput* dan *delay*. Simulasi jaringan membandingkan penggunaan mekanisme DSA dan tanpa DSA. Pada Jaringan 0 dilakukan tanpa mekanisme DSA atau jaringan Wi-Fi biasa sedangkan pada Jaringan 1 dilakukan dengan mekanisme DSA yang menumpang pada Jaringan Wi-Fi. Pada hasil simulasi jaringan dibagi menjadi 2 bagian analisis yaitu pengukuran *throughput* dan pengukuran *delay*.

### 4.2.1 Pengukuran *Throughput*

Simulasi melakukan 2 jaringan yang berbeda, yaitu Jaringan 0 dan Jaringan 1 dengan menganalisis QoS kinerja setiap jaringan dalam parameter *throughput*. Hasil dari simulasi menurut parameter *throughput* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Grafik Nilai *Throughput* Pada Simulasi DSA dan Tanpa DSA

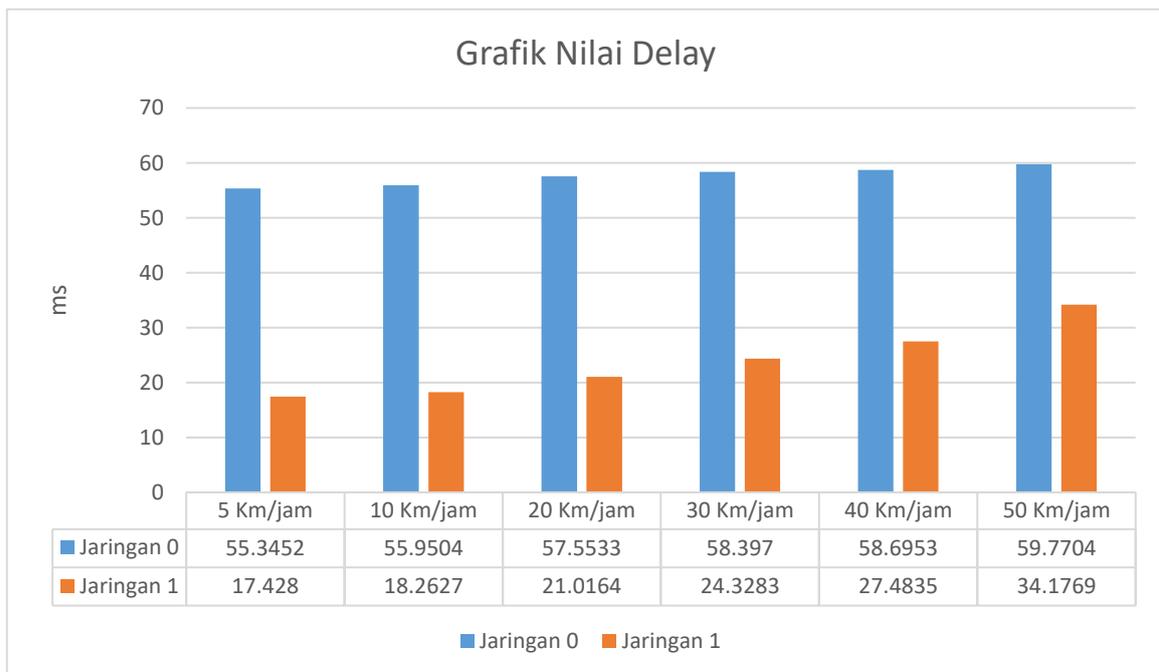
Dari hasil Gambar 4.4 dapat dilihat, Pada Jaringan 0 yang disimulasikan tanpa menggunakan mekanisme DSA mengalami penurunan yang kecil yaitu 1,33 Mbps pada saat penambahan kecepatan pengguna dari 5 Km/jam – 50 Km/jam. Hasil yang didapat yaitu dengan mendapat kinerja maksimal 9.58 Mbps dan kinerja terendah 8.25 Mbps.

Pada Jaringan 1 yang disimulasi menggunakan mekanisme DSA, dengan kecepatan pengguna yang semakin cepat akan mempengaruhi hasil pengiriman paket data TCP dari *access point* ke pengguna. Nilai *throughput* atau kecepatan pengiriman dalam waktu 60 detik simulasi mengalami penurunan yang signifikan yaitu sebesar 63,49% dengan selisih penurunan 5,93 Mbps ketika kecepatan pengguna diperbesar dari 5 Km/jam menjadi 50 Km/jam.

Pengguna pada Jaringan 1 yang menggunakan mekanisme DSA akan menumpang jaringan Wi-Fi dengan perpindahan spektrum frekuensi atau artinya pengguna sebagai SU, kinerja yang terjadi akan mengalami penurunan kualitas dibanding Jaringan 0 tanpa mekanisme DSA yang artinya pengguna menggunakan jaringan utama sehingga menjadi prioritas jaringan karena pada jaringan tanpa DSA tidak perlu berpindah frekuensi [11].

#### 4.2.2 Pengukuran Delay

Simulasi melakukan 2 jaringan berbeda masih sama seperti analisis sebelumnya namun pada bagian ini kinerja jaringan dianalisis menurut parameter QoS *delay*. Hasil dari simulasi menurut parameter *delay* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Grafik Nilai *Delay* Pada Simulasi Jaringan DSA dan Tanpa DSA

Dari Gambar 4.5, hasil kinerja Jaringan 0 yaitu tanpa menggunakan DSA akan mengalami kenaikan nilai *delay*. Dengan penambahan kecepatan terendah yaitu 5 Km/jam sampai tertinggi

yaitu 50 Km/jam hasil *delay* yang didapatkan mengalami kenaikan dari 55,35 ms menjadi 59,77 ms.

Pada Jaringan 1 yang menggunakan mekanisme DSA, *delay* yang didapat dibawah nilai *delay* pada jaringan 0. Kinerja jaringan akan mengalami kenaikan *delay* setiap penambahan kecepatan pengguna. Nilai *delay* terendah pada Jaringan 1 yaitu 17,43 ms pada kecepatan pengguna 5 Km/jam dan nilai *delay* tertinggi terjadi saat kecepatan pengguna 50 Km/jam yaitu 34,18 ms sehingga mempunyai selisih *delay* sebesar 16.75 ms dengan kenaikan nilai sebesar 96,1%.

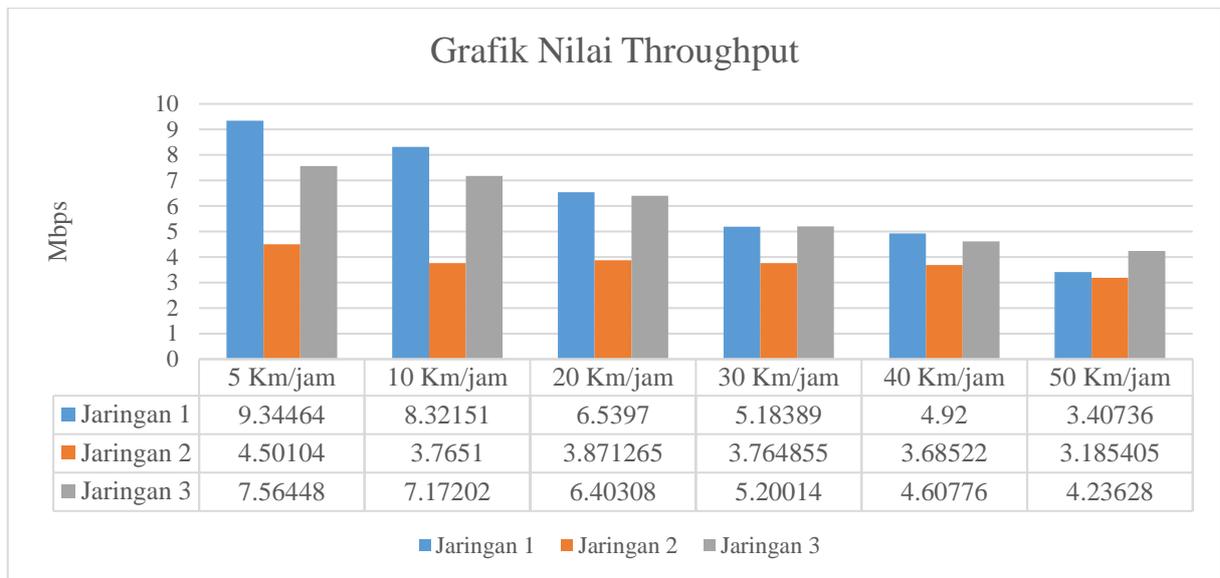
Pada Jaringan 1 dengan menggunakan mekanisme DSA akan mengurangi *delay* yang didapat pada Jaringan 0 yang tidak menggunakan mekanisme DSA. Penggunaan DSA dalam jaringan berfungsi untuk menghindarkan pengguna dari kemacetan lalu lintas komunikasi sedangkan pada mekanisme biasa tidak bisa menghindarkan kemacetan pengguna.

### **4.3 Simulasi DSA Dengan Penambahan *Node Pengguna* dan *Node Access Point***

Pada bagian ini, simulasi jaringan dilakukan menggunakan mekanisme DSA dengan pengaruh penambahan *node access point* dan *node* pengguna. Pada hasil simulasi jaringan dibagi menjadi 2 bagian analisis yaitu pengukuran *throughput* dan pengukuran *delay*. Pada Jaringan 2, hasil nilai parameter QoS di rata-ratakan karena nilai yang didapat berasal dari kinerja Sub Jaringan 2.1 dan Sub Jaringan 2.2. Untuk jaringan 3, nilai Sub Jaringan 3.1 dan 3.2 pada parameter *throughput* ditambahkan nilainya karena penjumlahan hasil dari pengiriman 2 *access point* sedangkan untuk parameter *delay* diambil salah satu nilainya yang paling besar karena mengambil kondisi waktu yang terlama.

#### **4.3.1 Pengukuran *Throughput***

Simulasi melakukan 3 jaringan yang berbeda, yaitu Jaringan 1, Jaringan 2, dan Jaringan 3 dengan menganalisis QoS kinerja setiap jaringan dalam parameter *throughput*. Hasil dari simulasi jaringan menggunakan mekanisme DSA menurut parameter *throughput* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Grafik Nilai *Throughput* Pada Simulasi Penambahan AP dan Pengguna

Dari hasil Gambar 4.6 dapat dilihat, pada Jaringan 1 dengan kecepatan pengguna yang semakin cepat akan mempengaruhi hasil pengiriman paket data TCP dari *access point* ke pengguna. Nilai *throughput* atau kecepatan pengiriman dalam waktu tertentu akan mengalami penurunan yang signifikan yaitu sebesar 63,49% dengan selisih penurunan 5,93 Mbps ketika kecepatan pengguna diperbesar dari 5 Km/jam menjadi 50 Km/jam.

Pada Jaringan 2, yang terdiri dari Sub Jaringan 2.1 dan Sub Jaringan 2.2 sehingga hasil nilai dirata-ratakan. Nilai *throughput* yang didapat cenderung mengalami penurunan tetapi tidak signifikan seperti pada jaringan 1 yaitu sebesar 29,11% dengan selisih 1,31 Mbps dan penurunan yang terjadi adalah fluktuatif ketika kecepatan pengguna antara 10 Km/jam - 20 Km/jam. Namun, untuk hasil *throughput* yang didapat akan dibagi penggunaannya karena beban pengguna menjadi 2. Nilai puncak yang didapat terjadi pada saat kecepatan pengguna berada pada 5 Km/jam yaitu 4,5 Mbps dan nilai terendah terjadi pada saat kecepatan pengguna 50 Km/jam yaitu 3,19 Mbps.

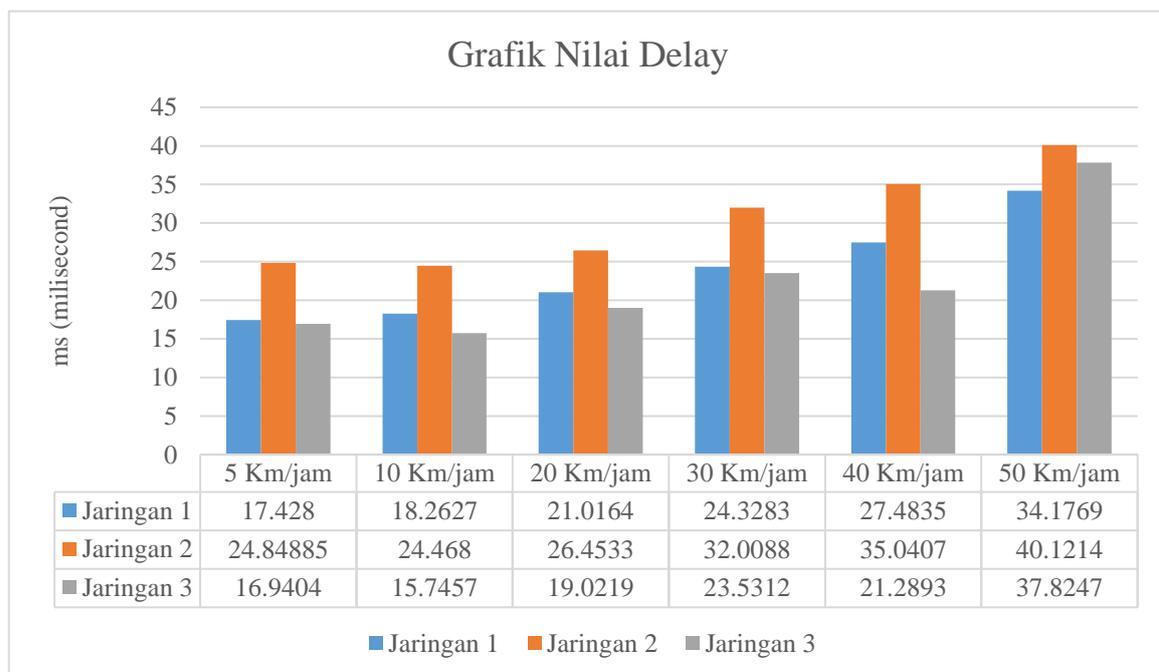
Pada Jaringan 3, yang terdiri dari Sub Jaringan 3.1 dan 3.2, pengiriman data dilakukan oleh 2 *access point* dan diterima oleh 1 pengguna. Hasil nilai *throughput* yang didapat mengalami penurunan nilai. Pada Jaringan 3, memiliki kestabilan yang lebih baik dibanding dengan Jaringan 1 ketika kecepatan pengguna diperbesar. Penurunan yang terjadi sebesar 43,92% dengan selisih lebih kecil yaitu 3,32 Mbps tetapi memiliki kelemahan dibandingkan Jaringan 1 karena hanya mencapai puncak nilai *throughput* 7.56 Mbps. Untuk Jaringan 3 yang dibandingkan dengan Jaringan 2, memiliki keunggulan dari nilai *throughput* yang didapat selalu lebih baik pada setiap kecepatan pengguna yang diuji dalam simulasi.

Kinerja ketiga jaringan menurut parameter *throughput*, dipengaruhi oleh penambahan *node* dengan fungsi *access point* maupun pengguna dan kecepatan pengguna. Dengan pengaruh penambahan jumlah *node* fungsi *access point* maupun pengguna dalam jaringan, pada intinya akan

menambah beban pada jaringan tersebut, sehingga nilai *throughput* yang didapatkan terbagi oleh beban-beban tersebut. Nilai *throughput* yang didapat paling baik dilakukan oleh Jaringan 1 yaitu mencapai 9,34 Mbps pada saat kecepatan pengguna 5 Km/jam. Pada penambahan *node access point*, *throughput* maksimal yang didapat lebih baik yaitu 7,56 Mbps dibandingkan dengan penambahan *node* pengguna yang hanya memiliki nilai maksimal 4,56 Mbps pada saat kecepatan pengguna 5 km/jam. *Access point* dalam simulasi penelitian berguna untuk menunjang konektivitas jaringan pada saat kecepatan pengguna diperbesar dan menjauhi *access point* tersebut. Dengan menggunakan 2 *access point* jangkauan area Wi-Fi menjadi lebih luas tetapi pengaruh dari kecepatan pengguna tetap berlaku, sehingga pada Jaringan 3 memiliki kelebihan dalam menunjang mobilitas pengguna dengan penurunan yang normal. Untuk pengaruh penambahan kecepatan pengguna, membuat nilai *throughput* semakin menurun sampai nilai terkecil yang didapat pada setiap jaringan dalam simulasi, yaitu saat kecepatan pengguna berada pada 50 Km/jam karena pergerakan pengguna semakin cepat dalam menjauhi titik *access point* yang menjadi sumber pengiriman data Wi-Fi [12].

#### 4.3.2 Pengukuran Delay

Simulasi melakukan 3 jaringan berbeda masih sama seperti analisis sebelumnya, namun pada bagian ini kinerja ketiga jaringan dianalisis menurut parameter QoS *delay*. Hasil dari simulasi jaringan DSA menurut parameter *delay* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Grafik Nilai *Delay* Pada Simulasi Penambahan AP dan Pengguna

Dari Gambar 4.7, hasil kinerja Jaringan 1 akan mengalami kenaikan *delay* setiap penambahan kecepatan pengguna karena nilai *delay* berbanding terbalik dengan hasil nilai *throughput*, seperti Gambar 4.6 yang mengalami penurunan pada Jaringan 1. Nilai *delay* terendah pada Jaringan 1 yaitu 17,43 ms pada kecepatan pengguna 5 Km/jam dan nilai *delay* tertinggi terjadi saat kecepatan pengguna 50 Km/jam yaitu 34,18 ms sehingga mempunyai selisih *delay* sebesar 16.75 ms dengan kenaikan nilai sebesar 96,1%.

Pada Jaringan 2, yang terbagi menjadi 2 sub jaringan. Nilai *delay* yang terjadi lebih besar dibanding dengan Jaringan 1 pada setiap penambahan kecepatan pengguna dalam simulasi. Nilai *delay* yang didapat pada penambahan kecepatan pengguna terjadi fluktuatif, pada saat kecepatan 5 Km/jam – 10 Km/jam sehingga nilai *delay* yang didapat paling baik yaitu pada saat kecepatan 10 Km/jam dengan nilai 24,47 ms. Untuk nilai *delay* paling buruk, didapat pada saat kecepatan pengguna 50 Km/jam yaitu 40,12 ms dari nilai tersebut *delay* yang didapat mengalami kenaikan sebesar 63,96% dengan selisih nilai *delay* antara paling baik dan paling buruk mencapai 15,65 ms.

Pada Jaringan 3, hasil *delay* yang didapatkan diambil dari nilai terbesar dalam kinerja sub jaringan. Hasil nilai *delay* yang didapat nilainya fluktuatif dari kecepatan pengguna 5 Km/jam – 40 Km/jam, namun kualitas *delay* yang didapat paling baik dibanding jaringan lainnya terutama pada kecepatan pengguna 5 Km/jam – 40 Km/jam. Hal ini disebabkan adanya penambahan *access point* dengan jangkauan yang lebih luas sehingga menurunkan *delay* dibandingkan dengan Jaringan 1 dan Jaringan 2. Nilai *delay* terendah yang didapatkan yaitu pada kecepatan pengguna 10 Km/jam dengan nilai 15,75 ms sedangkan nilai *delay* tertinggi terjadi pada kecepatan pengguna 50 Km/jam yaitu 37,82 ms sehingga mengalami kenaikan sebesar 140% yang mempunyai selisih sebesar 22,07 ms. Namun, 105 % kenaikan didapatkan pada kecepatan 40 Km/jam - 50 Km/jam sehingga pada rentang kecepatan tersebut penggunaan *access point* sudah tidak mampu menunjang jaringan dengan baik.

Dari kinerja ketiga jaringan menurut parameter *delay*, dipengaruhi oleh penambahan *node* dengan fungsi *access point* maupun pengguna dan kecepatan pengguna. Pada parameter *delay* dengan penambahan *node access point* membuat nilai *delay* menjadi paling kecil diantara jaringan lain dalam simulasi, yang artinya lebih baik dikarenakan penggunaan 2 *access point* yang membuat jangkauan jaringan Wi-Fi yang semakin luas. Untuk penambahan *node* pengguna akan membuat *delay* menjadi semakin besar karena beban pemakaian pengguna sehingga nilai *delay* yang didapatkan selalu lebih besar dibanding jaringan lain. Pengaruh penambahan kecepatan pengguna pada simulasi jaringan dalam penelitian, pada intinya akan membuat nilai *delay* semakin besar yang sehingga menurunkan kualitas ketiga jaringan tersebut karena pengiriman data untuk sampai ke pengguna menjadi lebih lama [13].